

学校编码: 10384  
学号: 23120061152512

分类号\_\_密级\_\_  
UDC\_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

以太网技术在嵌入式系统中的应用研究

**Research on the Application of Ethernet  
in Embedded Systems**

朱旭峰

指导教师姓名: 周剑扬

副教授

专 业 名 称: 电路与系统

论文提交日期:

论文答辩时间:

学位授予日期:

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2009 年 5 月

# 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（        ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于        年        月        日解密，解密后适用上述授权。

（        ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年        月        日

## 摘要

网络存储技术是最近几年高科技行业最热门的技术之一。随着计算机技术和网络技术的发展,越来越多的信息被数据化。这些数据化的信息需要能长时间保存,并且能快速方便地检索。电子商务、电子政务等信息化技术的推广对数据的存储容量、速度以及安全提出了更高的要求。存储技术也从本地存储发展到网络存储。

ARC810 处理器是台湾信亿科技有限公司生产的,基于 LEON2 内核的一款 SOC( System On Chip)芯片。本论文主要承担了宜展电子(厦门)有限公司的网络存储项目的底层部分,即实现 RTEMS(Real Time Executive for Multiprocessor Systems)操作系统的移植,并在 RTEMS 操作系统下实现 Rhine 快速以太网卡的驱动程序的开发。此外,本论文还针对当前 ARC810 芯片的调试工具的不足,设计和实现了基于以太网调试的调试方案,对 ARC810 芯片的交叉调试工具作了很好的补充和完善。

本论文的特色与创新点主要体现在以下几个方面:

- 1) 在 ARC810 平台下,实现了 RTEMS 下的 Rhine 快速以太网卡的驱动程序,并对其进行测试以及优化。
- 2) 针对 ARC810 现有调试工具的不足,设计和实现了一种基于以太网的交叉调试工具。

**关键词:** RTEMS; 驱动程序; 交叉调试

## Abstract

Network storage is one of the most popular technologies in high-tech industry in recent years. With the development of the computer and network technology, more and more information must be handled as data which is stored in the computer. This data may need to be saved for a long time and can be retrieved quickly and easily. The popularity of the information technologies, such as e-commerce and e-government, requests the data storage technology to have much more capacity, speed and security. Storage technology also develops from local storage to network storage.

ARC810 processor is a SOC chip based on LEON2 core and it is produced by ACARD Technology Corporation in Taiwan. This paper mainly implements the bottom part of the Yizhan (Xiamen) electronic Company's network storage project. The mainly work consists of the transplant of RTEMS to ARC810 board, implementation the driver of the Rhine fast ethernet network adapter under RTEMS. In addition, this paper designs and implements a cross debug tool based on ethernet in order to fix the deficiencies of the ARC810's current cross debug tool.

The characteristics and innovations in this thesis are as follows:

- 1) implement the driver of the Rhine fast ethernet network adapter under RTEMS on ARC810 board, also test and optimization the driver.
- 2) design and implement a cross debug tool based on ethernet to fix the deficiencies of the current tool of ARC810.

**Key Words:** RTEMS; Driver; Cross Debug

## 目录

第一章 绪论 .....	1
1.1 提出背景 .....	1
1.2 论文结构安排 .....	2
1.3 研究成果 .....	3
第二章 RTEMS 实时操作系统及其开发环境 .....	4
2.1 嵌入式实时操作系统 RTEMS .....	4
2.1.1 RTEMS 的特点 .....	4
2.1.2 与常见实时操作系统的比较 .....	5
2.2 RTEMS 开发工具及环境 .....	7
2.2.1 RTEMS 开发工具 .....	7
2.2.2 交叉编译环境的搭建 .....	8
2.2.3 硬件开发环境 .....	11
2.3 RTEMS 下的设备驱动 .....	15
2.4 本章小结 .....	16
第三章 RTEMS 下网卡驱动程序的设计与实现 .....	17
3.1 网卡驱动程序的架构 .....	17
3.1.1 功能 .....	17
3.1.2 系统结构 .....	17
3.2 网卡驱动程序的关键技术 .....	20
3.2.1 关键数据结构 .....	20
3.2.2 缓冲区管理策略 .....	24
3.2.3 DMA 与零拷贝技术 .....	25
3.3 RTEMS 网卡驱动程序的实现 .....	28
3.3.1 驱动程序 attach 函数的实现 .....	28
3.3.2 驱动程序 init 函数的实现 .....	30
3.3.3 驱动程序 start 函数的实现 .....	33
3.3.4 驱动程序发送守护进程的实现 .....	34
3.3.5 驱动程序中断处理函数的实现 .....	39

3.3.6 驱动程序接收守护进程的实现.....	41
3.3.7 驱动程序 IOCTL 函数的实现.....	44
3.3.8 驱动程序数据统计模块的实现.....	44
3.3.9 驱动程序关闭函数的实现.....	45
<b>3.4 网卡驱动程序的编译、测试、调试、与优化 .....</b>	<b>46</b>
3.4.1 网卡驱动程序的编译.....	46
3.4.2 网卡驱动程序的测试.....	47
3.4.3 网卡驱动程序的调试与优化.....	54
<b>3.5 本章小结 .....</b>	<b>55</b>
<b>第四章 基于以太网的交叉调试工具的设计与实现 .....</b>	<b>56</b>
<b>4.1 交叉调试 .....</b>	<b>56</b>
<b>4.2 嵌入式远程调试方法 .....</b>	<b>57</b>
4.2.1 软件插桩( Stub-Debugger)方式.....	57
4.2.2 片上调试(On-Chip Debugging)方式 .....	58
<b>4.3 基于以太网调试的方案设计与实现 .....</b>	<b>58</b>
4.3.1 ARC810 调试基本原理.....	58
4.3.2 通信协议设计.....	59
4.3.3 软件系统结构设计与实现.....	60
<b>4.4 调试流程、测试以及优化 .....</b>	<b>63</b>
4.4.1 源代码级调试流程.....	63
4.4.2 性能测试及优化.....	63
<b>4.5 本章小结 .....</b>	<b>64</b>
<b>第五章 总结与展望 .....</b>	<b>65</b>
<b>5.1 总结 .....</b>	<b>65</b>
<b>5.2 展望 .....</b>	<b>65</b>

## TABLE OF CONTENTS

<b>Chapter 1 Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Background .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Thesis structure .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Research Results .....</b>	<b>3</b>
<b>Chapter 2 RTEMS and development environment .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 RTEMS .....</b>	<b>4</b>
2.1.1 RTEMS characteristics.....	4
2.1.2 Comparison of RTEMS with others.....	5
<b>2.2 Development tools and environment.....</b>	<b>7</b>
2.2.1 RTEMS build tools .....	7
2.2.2 Build RTEMS cross compiler environment .....	8
2.2.3 Hardware development environment.....	11
<b>2.3 RTEMS Device Drivers .....</b>	<b>15</b>
<b>2.4 Summary.....</b>	<b>16</b>
<b>Chapter 3 Study and implementation of NIC driver in RTEMS.....</b>	<b>17</b>
<b>3.1 Structure of NIC driver.....</b>	<b>17</b>
3.1.1 Function of NIC driver.....	17
3.1.2 System structure.....	17
<b>3.2 Key technologies used in NIC driver.....</b>	<b>20</b>
3.2.1 Key data structures.....	20
3.2.2 Buffer management strategy .....	24
3.2.3 DMA and zero copy .....	26
<b>3.3 Implement of NIC driver in RTEMS .....</b>	<b>28</b>
3.3.1 Implement of attach function .....	28
3.3.2 Implement of init function .....	30
3.3.3 Implement of start function.....	34
3.3.4 Implement of transmit daemon .....	35
3.3.5 Implement of interrupt handler .....	39



3.3.6 Implement of receive daemon.....	40
3.3.7 Implement of IOCTL function.....	44
3.3.8 Implement of data statistics function.....	44
3.3.9 Implement of stop function.....	45
<b>3.4 Building、testing、debugging and optimization of NIC driver .....</b>	<b>46</b>
3.4.1 Building NIC driver under RTEMS.....	46
3.4.2 Testing of NIC driver .....	47
3.4.3 Debugging and optimization of NIC driver.....	54
<b>3.4 Summary.....</b>	<b>55</b>
<b>Chapter 4 Study and implementation of cross debugging tools based on ethernet .....</b>	<b>56</b>
<b>4.1 Cross debugging.....</b>	<b>56</b>
<b>4.2 Embedded remote debugging method .....</b>	<b>57</b>
4.2.1 Stub debugging .....	57
4.2.2 On-Chip debugging.....	58
<b>4.3 Study and implementation of debugging based on ethernet.....</b>	<b>58</b>
4.3.1 The basic principles of debugging on ARC810 .....	58
4.3.2 Design of communication protocol.....	59
4.3.3 Study and implementation of software system structure .....	60
<b>4.4 Debugging process、testing and optimization .....</b>	<b>63</b>
4.4.1 Source level debugging process.....	63
4.4.2 Testing and optimization.....	63
<b>4.4 Summary.....</b>	<b>64</b>
<b>Chapter 5 Summary and outlook .....</b>	<b>65</b>
<b>5.1 Summary.....</b>	<b>65</b>
<b>5.2 Outlook .....</b>	<b>65</b>

## 第一章 绪论

### 1.1 提出背景

在计算机网络技术、计算机软/硬件技术及计算机应用技术迅速发展过程中，IT 技术经历了三个阶段的发展过程。第一个阶段是以处理器为核心，它促进了计算机的普及与应用；第二个阶段是以传输技术为核心，它带动了计算机网络的使用和普及，使得数字化信息的应用席卷全球，并因此导致数字化信息的爆炸性增长，从而引发了第三个阶段——存储技术的发展<sup>[1]</sup>。因此信息存储系统已成为国内外研究的重点和新的经济增长点。

受各种技术进步和应用的推动，现代企业和个人的数据信息量正在持续地爆炸式地增长。由于现代信息技术发展的迅速和不平衡，传统的存储系统结构已无法满足需求，网络存储由此应运而生。所谓网络存储，就是采用高速网络把存储设备连接起来，通过系统软件进行存储资源合理的调度和分配，使系统的整体性能达到最优，以一个系统的协同工作来满足众多单个用户的需求<sup>[1]</sup>。与传统的存储结构相比较，网络存储系统具有以下的技术优势<sup>[2]</sup>：

- 良好的可扩展性。
- 数据共享。
- 更好的可管理性。
- 更高的系统性能。
- 即插即用，更强的容错能力。
- 更具开放性。
- 更高的智能性和并行性
- 更多更新的功能
- 更低的成本

本论文的提出背景正是在网络存储已成为研究热点的情况下，宜展电子（厦门）有限公司所开展的网络存储设备的项目开发。在此项目中，选用信亿科技有限公司生产的 32 位芯片 ARC810，采用 RTEMS 操作系统。本人承担了此项目中

网卡驱动的开发任务，即在 RTEMS 操作系统下实现 Rhine 网卡的驱动。在网卡驱动的开发过程中，本人针对 ARC810 现有交叉调试工具下载待调试程序的不足，对该调试工具进行了功能上的补充和完善。

驱动程序是操作系统内核的一部分，在计算机系统和嵌入式系统中起着举足轻重的作用。驱动程序开发属于系统编程范畴，也是系统编程中比较困难的部分，而交叉调试工具是嵌入式系统开发者使用最多的工具，也是整个开发周期中使用时间最长的工具。本文之所以选择这两个方面为课题研究的主要内容，主要是基于以下几个方面的考虑：

- RTEMS 作为一个优秀的实时操作系统，已经在航空航天等领域有广泛的应用。掌握该系统的设备驱动开发技术具有很重要的现实意义。
- 现在嵌入式领域蓬勃发展，国内很多厂商都有自己开发的硬件，这些硬件都没有 RTEMS 的驱动程序。
- 嵌入式领域很多新的设备，如 USB 设备、PCMCIA 设备、CF 卡等等，在用到 RTEMS 操作系统时，需要 RTEMS 驱动程序的支持。
- 现阶段 ARC810 的交叉调试工具采取串口下载待调试程序，通过以太网下载程序对在 ARC810 上进行嵌入式系统的开发效率的提高有着很大的帮助。

## 1.2 论文结构安排

根据课题所涉及的主要研究工作，本论文的内容分为 5 章进行阐述。

第一章主要阐述了论文的由来以及研究意义，介绍了论文的结构安排以及研究成果。

第二章首先介绍了本论文所处的开发环境即 RTEMS 实时操作系统，然后详细阐述了 RTEMS 开发环境的整个搭建过程，本章的最后介绍了不同设备的驱动程序在 RTEMS 源代码中的组织。

第三章首先分析了 RTEMS 下网卡驱动程序的基本架构，接着阐述了在网卡驱动程序所使用的关键技术，然后研究了 Rhine 网卡驱动程序各个模块的设计与实现方法，本章的最后给出了网卡驱动程序的测试流程以及结果。

第四章首先介绍了嵌入式调试工具的基本调试原理，然后针对 ARC810 芯片调试时通过串口下载待调试程序速度上的不足，设计和实现了基于以太网的一种新的调试方法。

第五章是对全文工作的总结以及对未来工作的展望。

### 1.3 研究成果

本论文的工作是在 RTEMS 实时操作系统下，进行网卡驱动程序的设计和实现以及基于以太网的一种新的调试方法的实现。主要包括以下几个部分：

1. 熟悉了 RTEMS 实时操作系统的开发环境、并且阐述了 RTEMS 实时操作系统为何适合进行嵌入式系统开发。
2. 熟悉了 LEON2 处理器调试工具 Grmon，并通过 Grmon 和 Insight 进行联合调试，在此基础上顺利完成了 RTEMS 应用程序的编译、调试，最终完成了 RTEMS 下网卡驱动程序的调试和测试工作。
3. 分析了 Linux 操作系统下和 RTEMS 操作系统下网卡驱动程序架构的不同，完成了 RTEMS 下网卡驱动程序各个模块的设计和实现，重点是框架的设计、软硬件的初始化、中断处理、以及接收和发送数据包。
4. 给出了所编写的网卡驱动程序的测试结果，列出了在网卡驱动程序的开发过程当中遇到的主要问题以及解决方法，并用 PC-Lint 对所编写的网卡驱动程序进行静态测试分析。
5. 分析了当前交叉调试工具的一般特点，并在此基础上针对 ARC810 芯片的调试工具的不足，实现了通过以太网下载待调试程序，大大提高了在 ARC810 芯片环境中进行嵌入式软件开发的效率。

## 第二章 RTEMS 实时操作系统及其开发环境

嵌入式系统的发展和应用是现代信息社会的一个重要特征，对人们的生活和工作有着深入的影响。在一个嵌入式系统中，其所使用的操作系统是整个嵌入式系统的核心所在。本章主要介绍了本论文所使用的嵌入式实时操作系统 RTEMS、创建 RTEMS 的交叉编译环境、以及 RTEMS 下的设备驱动的组织。

### 2.1 嵌入式实时操作系统 RTEMS

#### 2.1.1 RTEMS 的特点

RTEMS(Real Time Executive for Multiprocessor Systems)，中文全称叫实时多处理系统。RTEMS 是由美国军方研制的嵌入式系统，最早用于美国国防系统，早期的名词为实时导弹系统(Real Time Executive for Missile Systems)，后来改名为实时军用系统(Real Time Executive for Military Systems)<sup>[3]</sup>。

RTEMS 是开源的嵌入式实时操作系统，目前由 OAR(On-Line Applications Research Corporation)公司负责版本的维护和升级，广泛运用于军事、科研、工业等领域。它在全球有很多用户，其中包括 Motorola，朗讯，以及欧空局等<sup>[4]</sup>。

使用 RTEMS 主要有以下三大优势：

1. 免费：由于 RTEMS 是开源的 RTOS(Real-time operating system)，因此使用 RTEMS 的最大好处就是源代码免费，而且相应的开发工具也是免费的，开发工具的使用平台 Linux 同样也是免费的。
2. 支持多硬件平台：RTEMS 能在超过 40 种不同的硬件平台上运行，这意味着目标板并不需要特殊的定制。
3. 好的支持系统：现在为 RTEMS 用户提供支持的是 OAR 公司，这些支持服务包括培训和应用开发。另外，RTEMS 使用者还能通过邮件组的方式从 RTEMS 社区获得帮助。

RTEMS 作为一个嵌入式实时操作系统，其本身也有众多的优点，包括<sup>[3]</sup>：

- 支持多任务
- 支持优先级继承

- 支持基于优先级和事件驱动的多任务实时调度
- 支持任务间的同步和通信
- 支持中断管理
- 支持动态内存分配和管理
- 支持多种网络协议，RTEMS 带有完整的 TCP/IP 协议栈，具有强大的网络功能
- 高度可配置

### 2.1.2 与常见实时操作系统的比较

在工业领域内的可用实时操作系统的数量与日俱增。据嵌入式系统编程 (Embedded Systems Programming) 杂志的最新报告，世界各国有 40 多家公司，已成功推出了 200 多种的可供嵌入式应用的实时操作系统。在这其中选取 VxWorks 与 RTLinux 和 RTEMS 进行比较，VxWorks 是 WindRiver 公司开发的具有工业领导地位的高性能实时操作系统，RTLinux 的全称是 Real-Time Linux，其是 Linux 系统中能提供硬实时功能的版本<sup>[5][6]</sup>。比较将在以下 3 个方面进行展开。

#### 1. 获得相关文档的难易程度

RTEMS 和 RTLinux 在其操作、功能、设计和实现上都有十分丰富的文档，VxWorks 则在其产品、配置、测试和应用方面都有相当多的文档。因此，工业领域内的用户倾向于选择像 VxWorks 一样对系统特性、性能和应用提供了详尽统计数据操作系统；反之，那些研究型企业、开发者和研究机构对第一种类型的操作系统更加感兴趣，因为这些系统在设计和实现上有丰富的技术文档。

#### 2. 进行系统开发的难易程度

在开发的难易程度方面，RTLinux 和 RTEMS 都优于 VxWorks。RTLinux 和 RTEMS 都对其各自内核、系统结构以及开发者能用以优化目标系统的关键参数有清晰详尽的说明。尽管 RTLinux 和 RTEMS 都是开源的，但 RTEMS 还是 licence free 的。这意味着开发者能自由的修改、发布、改进 RTEMS，甚至将 RTEMS 作为“私有工作”的一部分；VxWorks 则是一个私有操作系统。由于缺乏描述 VxWorks 内核的相关文档，导致了对开发者而言 VxWorks 操

作系统的内核开发是一项不小的挑战。

### 3. 各个系统的中断延迟及上下文切换参数

中断延迟和上下文切换所用时间是实时操作系统中有两个重要的指标。在第 8 届国际控制年会上, straumann 的一篇报道做过如下的测试, 测试的硬件平台是 PowerPC604(300MHz), RTLinux、RTEMS 和 VxWorks 的 BSP 都是由 Motorola 提供。测试内容包括初始化、中断处理、普通程序(包括网络程序、SPI、串口等)。测试中产生了 2, 000, 000 次中断, 中断的平均频率为 4kHz<sup>[7]</sup>。可以看出, 这个测试程序对内核的实时性以及任务调度都是一个严格的考验。测试的结果如图 2-1 所示:

	Interrupt Latency		Context Switching	
	Max	avg±σ	Max	avg±σ
Idle system				
RTLinux	13.5	1.7±0.2	33.1	8.7±0.5
RTEMS	15.1	1.3±0.1	16.4	2.2±0.1
VxWorks	13.1	2.0±0.2	19.0	3.1±0.3
Loaded system				
RTLinux	196.8	2.1±3.3	193.9	11.2±4.5
RTEMS	20.5	2.9±1.8	51.3	3.7±2.0
VxWorks	25.2	2.9±1.5	38.8	9.5±3.2

图 2-1: RTLinux, RTEMS, VxWorks 性能比较

根据图 2-1 可以看到, RTLinux 无论是在实时性还是在上下文切换, 都和 RTEMS 以及 VxWorks 有较大差距。尤其是在重负载的情况下, 处理中断的时延波动非常厉害, RTLinux 的中断处理平均时间是 2.1us, 但是在实际运用中可能达到 200us, 这在时间有严格要求的系统中是不能允许的。与此同时, RTEMS 在测试中表现的性能非常理想, 基本上达到或者超过了老牌商业系统 VxWorks。

综上所述, RTEMS 作为一个开源的实时操作系统, 和 RTLinux 一起比 VxWorks 更适合于开发者和学术机构进行研究和学习, 由于 RTEMS 的 licence

free 的特性，RTEMS 比起 RTLinux 在这方面更有优势。RTEMS 和 VxWorks 在实时性和上下文切换上表现优秀，而 RTLinux 则不适合对实时性要求非常高的系统。

## 2.2 RTEMS 开发工具及环境

### 2.2.1 RTEMS 开发工具

在裁剪和定制实时操作系统内核用于嵌入式系统之前，由于一般嵌入式开发系统存储大小有限，通常都要在性能优越的 PC 机上建立一个用于目标机的交叉编译工具链，用该交叉编译工具链在 PC 上编译目标机上要运行的程序。交叉编译工具链是一个由编译器、连接器和解释器组成的综合开发环境，交叉编译工具链主要由 binutils、gcc 和 glibc 3 个部分组成<sup>[8]</sup>。有时出于减小 libc 库大小的考虑，也可以用别的 c 库来代替 glibc，例如 uClibc、dietlibc 和 newlib。在对 RTEMS 建立交叉编译工具中就选用的是 newlib 库。下面对这些交叉编译工具进行一下简单介绍。

#### 1. GNU Binutils

GNU Binutils 是一套用来构造和使用二进制文件所需要的工具。其中最为关键的 binutils 是 GNU 链接器(ld)和 GNU 汇编程序(as)<sup>[9]</sup>。这两个工具是 GNU 工具链的两个完整部分，通常是由 GCC 前端进行驱动的。除此之外 GNU Binutils 还包括其他的一些工具，包括静态库归档(ar)、反汇编(objdump)、elf 结构分析工具(readelf)等。Binutils 所支持的平台种类很多，不仅包括很多种 Unix 平台，甚至还包括 Wintel 系统。其主要目的是为 GNU 系统，包括 GNU/Linux 系统提供汇编和连接工具。

#### 2. GNU GCC

GCC 是 GNU 公社的一个项目。是一个用于编程开发的自编译器。最初，GCC 只是一个 C 语言编译器，他是 GNU C Compiler 的英文缩写<sup>[9]</sup>。随着众多自开发者的加入和 GCC 自身的发展，如今的 GCC 已经是一个包含众多语言的编译器了。其中包括 C, C++, Ada, Object C 和 Java 等。所以 GCC 也有原来的 GNU Compiler 变为 GNU Compiler Collection，也就是 GNU 编译器家族的意思。



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库